

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 59 (1968)  
**Heft:** 10  
  
**Rubrik:** Mitteilungen SEV

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

## Elektrischer Antrieb im Weltraum

629.7.036.7

[Nach D. E. T. F. Ashly und B. D. Day: Electric propulsion in space, Electronics and Power 14(1968)2, S. 68...70]

Aus der Raketengleichung ist ersichtlich, dass es unpraktisch ist, ein Raumfahrzeug auf eine wesentlich höhere Geschwindigkeit zu bringen als die Austrittsgeschwindigkeit des Antriebgases. Andererseits ist unter sonst gleichen Bedingungen die Geschwindigkeitsänderung der Rückstosseschwindigkeit proportional.

Mit chemischen Antriebsmitteln sind höchstens Austrittsgeschwindigkeiten von einigen km/s zu erreichen. Anders ist es bei den elektrischen Antrieben, womit bis zu 100 km/s erzielt werden können. Allerdings werden chemische Antriebsmittel kaum je von einem elektrischen Antrieb zur Überwindung der Erdanziehung beim Start von der Erdoberfläche aus verdrängt werden können. Bei den dabei nötigen Schüben und den relativ kleinen Geschwindigkeiten sind jene viel wirksamer. Der elektrische Antrieb kommt erst im mehr oder weniger schwerelosen Zustand zum Einsatz. Er bedingt aber das Vorhandensein einer leistungsfähigen elektrischen Energiequelle. In Sonnennähe bietet sich die Sonnenstrahlung als äussere Energiequelle an. In grosser Entfernung, in der die Sonnenenergie nicht mehr ausreicht, kommt wohl nur noch ein kleiner leistungsfähiger Atomreaktor in Frage, dessen Entwicklung aber vorläufig noch in weiter Zukunft liegt.

Von einer Satellitenbahn aus startend würde z. B. ein Schub von nur 0,1 N durch eine Energiequelle von 2,5 kW erzeugt und bei einer Austrittsgeschwindigkeit von 50 km/s und einem Massenverlust von  $2 \cdot 10^{-3}$  g/s genügen, um 100 kg innert Monatsfrist auf eine Geschwindigkeit von 2 km/s zu bringen. Dabei würden insgesamt nur 5 kg Reaktionsmasse benötigt. Auf dieser Basis wäre es möglich, z. B. 800 kg Nutzlast von einer Erdsatellitenbahn auf eine Umlaufbahn um den Mars zu bringen. Bei Verwendung von chemischen Treibmitteln würde sich die Nutzlast auf nur 200 kg reduzieren.

Für den elektrischen Antrieb bieten sich mehrere Möglichkeiten an. Die einfachste ist wohl eine elektrisch auf ca. 1000 °C geheizte Kammer, in der das Antriebsgas erhitzt wird, so dass es mit Geschwindigkeiten von 1...10 km/s aus der Düse strömt. Dieses Prinzip wurde bereits praktisch angewendet zur Orientierung der Lage von Satelliten im Raum.

Wesentlich höhere Austrittsgeschwindigkeiten können erreicht werden, wenn das Antriebsgas bei der Erhitzung einen elektrischen Lichtbogen durchqueren muss. Bei dieser Art des Antriebes können 50 % der elektrischen Energie in kinetische umgesetzt werden.

Eine Weiterentwicklung dieses Prinzips ist der magnetoplasma-dynamische Antrieb. Dabei werden die austretenden Atome ionisiert und durch Magnetfelder zusätzlich beschleunigt.

Beim Ionenantrieb schliesslich werden ionisierte Partikel elektrostatisch beschleunigt. Da beim Ausstoss z. B. positiver Ionen das Raumschiff immer negativer wird und schliesslich die Ionen selbst wieder anziehen würde, müssen dem Ionenstrom nach der Beschleunigung noch Elektronen zugesetzt werden. Es wurden schon Ionenantriebe praktisch erprobt, die ein Masse/Leistungsverhältnis von 8 kg/kW und einen Wirkungsgrad von über 70 % hatten.

Was noch vor 10...20 Jahren nur als Spekulation in Zukunftsromanen zu lesen war, ist heute z. T. bereits weitgehend verwirklicht.

D. Kretz

## Blendung durch Strassenbeleuchtung

628.971.6:612.843.367

[Nach LiTG-Fachausschuss «Aussenbeleuchtung»: Blendung durch Strassenbeleuchtung, Lichttechn. 20(1968)1, S. 1A...5A]

Die Arbeit befasst sich mit der Berechnung, der Messung und der Bewertung von Blendung und bezieht sich auf ortsfeste Beleuchtungsanlagen mit einer mittleren Fahrbahnleuchtdichte von 0,2...3,0 cd/m<sup>2</sup>. Ferner sind Leuchten mit geringen Eigenleuchtdichten vorausgesetzt, wie sie etwa bei nicht abgeschirmten Leuchten für Fluoreszenzlampen auftreten.

Die «Internationalen Empfehlungen für die öffentliche Beleuchtung» [CIE-Publ. Nr. 12(1965)] enthält vereinfachte Regeln zur Begrenzung der Blendung. Kritische Überlegungen führen da-

zu, für die Neubearbeitung von DIN 5044: «Strassenbeleuchtung» eine Änderung der maximal zulässigen Lichtstärke bei den Leuchten gemäss Tabelle I vorzuschlagen.

### Maximale Lichtstärken bei verschiedenen Leuchtentypen

Tabelle I

Leuchtentyp	Maximal zulässige Lichtstärke für die Ausstrahlungswinkel	
	$\gamma = 90^\circ$	$\gamma = 80^\circ$
Abgeschirmt	10 cd/1000 lm, höchstens 500 cd	30 cd/1000 lm, höchstens 1000 cd
Teilabgeschirmt	50 cd/1000 lm, höchstens 1000 cd	100 cd/1000 lm, höchstens 2000 cd
Nichtabgeschirmt	1500 cd	3000 cd

Diese Begrenzungen der Lichtstärke gelten nur als erste Massnahmen zur Verminderung der Blendung.

Bei der Bestimmung der Blendung ist zwischen der physiologisch nachweisbaren Blendwirkung und der psychologisch zu bewertenden Blendempfindung zu unterscheiden. Die physiologische Blendung bewirkt eine Verminderung der Sehfunktionen und lässt sich z. B. nach dem Verfahren von Holladay, Moon und Spencer berechnen. Es geht davon aus, dass die im Gesichtsfeld befindlichen Leuchtdichten von Lichtquellen im Auge eine Schleierleuchtdichte erzeugen, welche die Schwellenleuchtdichte erhöht und dadurch die Unterschiedsempfindlichkeit verschlechtert.

Für die Berechnung der psychologischen Blendung bestehen mehrere Verfahren, deren Ergebnisse aber nicht befriedigend übereinstimmen. Gestützt auf neuere experimentelle Arbeiten ist eine vereinfachte Methode entwickelt worden, welche die von einer Beleuchtungsanlage verursachte Blendungswirkung mit hinreichender Genauigkeit zu ermitteln gestattet. Es müssen dazu von einer Anlage folgende Grössen bekannt sein:

$L_m$  mittlere Strassenleuchtdichte in cd/m<sup>2</sup>;

$L_s$  äquivalente Schleierleuchtdichte in cd/m<sup>2</sup>;

$\omega$  Raumwinkel in sr (Steradian), den die leuchtenden Teile einer Leuchte für den Beobachter bilden.

Repräsentative und international anerkannte Testaufgabe für den Autofahrer ist die Wahrnehmbarkeit eines Sehobjektes von 20×20 cm, das sich 100 m vor dem Beobachter auf der Strasse befindet. Für das Erkennen des Objektes ist ein bestimmter Leuchtdichteunterschied zwischen ihm und dem Hintergrund erforderlich. Ist keine Blendung vorhanden, dann ist der wahrnehmbare Leuchtdichteunterschied am geringsten und wird als Schwellenwert bezeichnet. Ist aber Blendung wirksam, dann kann das Sehzeichen erst bei grösserer Leuchtdichtedifferenz wahrgenommen werden. Das Verhältnis des höheren zum niedrigen Leuchtdichteunterschied (in Prozent des Schwellenwertes) kann als Mass für die physiologische Blendung gelten.

Für die psychologische Blendung werden die vier Empfindungsstufen:

merkbar — Grenze BCD <sup>1)</sup> — störend — unerträglich

eingeführt. Für die zugrundegelegte abgeschirmte Fluoreszenzleuchte sowie für einen bestimmten Raumwinkel, unter dem sie gesehen wird, werden aufgrund von Untersuchungen, in graphischer Darstellung, die Beziehungen zwischen  $L_m$ ,  $L_s$  und den vier Stufen der Blendungsempfindungen hergestellt. Für die praktische Anwendung dieses neuen Bewertungsverfahrens ist es jedoch einfacher Kurvenblätter für die vier Empfindungsstufen zu zeichnen und in jede Zeichnung die Parameter der meist vorkommenden Raumwinkel für die Leuchte einzutragen. Das Vorgehen zur Bestimmung der beiden Blendungsarten geht dann so vor sich, dass man mit einer ersten graphischen Darstellung aus den Grössen  $L_m$  und  $L_s$  die physiologische Blendung ermittelt und danach die Blendempfindung anhand der vier Kurvenblätter durch Probieren sucht, wobei die äquivalente Schleierleuchtdichte als Bindeglied dient.

Der Fachausschuss beabsichtigt dieses Verfahren auch zur Blendungsbewertung von Leuchten mit höherer Leuchtdichte auszubauen.

J. Guanter

<sup>1)</sup> BCD = borderline between comfort and discomfort.